Advances in Cognitive Sciences
Vol 25, No. 4, Winter 2024
Research Article
Pages 67-80

Mother-child neural synchrony: The effect of gender and position (competition/ participation): A hyper-scanning functional near-infrared spectroscopy study

Tahereh Mahdavi Haji[1], Mir Mohsen Pedram[2*], Hanie Edalati[3], Alireza Moradi[4]

1. PhD Student of Cognitive Psychology, Institute of Cognitive Sciences Studies, Tehran, Iran
2. Department of Electrical and Engineering, Faculty of Engineering, Kharazmi University, Tehran, Iran
3. Associate Researcher, Center for Research on Children and Families, McGill University, Montreal, Canada
4. Professor of Clinical Psychology, Department of Clinical Psychology, Kharazmi University, Institute of Cognitive Sciences Studies, Tehran, Iran

Recieved: 7 Jan. 2024
Revised: 28 Feb. 2024
Accepted: 12 Mar. 2024

Keywords
Neural synchrony
Hyper scanning
Parenting
fNIRS

Corresponding author
Mir Mohsen Pedram, Department of Electrical and Engineering, Faculty of Engineering, Kharazmi University, Tehran, Iran

Email: Pedram@khu.ac.ir

doi.org/10.30514/icss.25.4.67

Abstract

Introduction: Inter-personal neural synchrony (INS) is defined as the "similar patterns of activation in the brains" of parent and child at a "specific" time and is linked to behavioral synchrony and a successful relationship between the two. An increase of parent-child neural synchrony in the dorsolateral prefrontal cortex (dlPFC) can provide neural support for facilitating the preservation of shared attention to predict the intentions and actions of the opposite party while playing a joint game.

Methods: This study used a two-factor quasi-experimental design to study 18 mothers (age average=39) and their children (age average=8.64) who were selected regarding inclusion and exclusion criteria. The study was carried out over two years (2022-2023) in the National Brain Mapping Lab in Tehran. To measure the parent-child neural synchrony, this research used a concurrent recording of their fNIRS signals while they solved the Kohs block design test individually and together. The Wavelet Correlation Coefficient for a two-time series was calculated to analyze the recorded signals. R programming language and the GlmmTB package were used to construct a generalized linear model to test the statistical analyses.

Results: The difference between the correlation coefficients of the individual and the cooperative conditions of play was 0.0217, which is statistically significant. This coefficient was calculated at 0.0218 for the mother-son dyad and 0.0215 for the mother-daughter dyad, with the former being statistically significant.

Conclusion: Parent-child neural synchrony was higher in the cooperative condition in the bilateral dlPFC. This increase in neural synchrony was significant for the mother-son dyads but not the mother-daughter dyads. Further investigations with a bigger sample size and more information regarding personal and situational traits of the parent-child dyad would be helpful for a more detailed elaboration of this phenomenon.

Citation: Mahdavi Haji T, Farajialamooti R, Pedram MM, Moradi A. Mother-child neural synchrony: The effect of gender and position (competition/participation): A hyper-scanning functional near-infrared spectroscopy study. Advances in Cognitive Sciences. 2024;25(4):67-80.

Extended Abstract

Introduction

Parent-child biobehavioral synchrony is a parenting phenomenon demonstrating howancient survival-related structures have integrated into the complex networks of human brain over evolution. This phenomenon can be observed at a behavioral level (gaze, touch, and playing), at a physiological level (e.g., heartbeat rhythm), and at a neural level (brain synchrony). Inter-personal neural synchrony is defined as the similar and concurrent brain ac-

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

tivation patternsbetween the two parties, correlated with behavioral synchrony and efficient relationship between the two. It has been proposed to be a result of the transition of verbal and non-verbal information between two people.

The importance of parent-child neural synchrony is linked to the "predictability" aspect being a critical factor in child care. Frontotemporal regions of the brain, playing an essential role in socio-cognitive processing, are a potential neural region of synchrony during social interaction between two people. Brain-to-brain synchrony in the prefrontal cortex (PFC) area, such as the superior PFC and dorsolateral PFC, is related to various positive interpersonal outcomes such as successful cooperation, efficient communication, and perceived similarity. PFC region is also linked to executive functions, complex decision-making and efficient communication. These areas in the parent and child brain should synchronize so that parent and child can use mentalizing to predict each other's intentions and preserve their focus on a common subject during a shared activity. It should be noted that studies show that communication between mothers and sons is different from that of mothers and daughters.

The current study explored two main questions: 1) Is parent-child neural synchrony greater during cooperative play than individual play? 2) Does the rate of parent-child neural synchronization vary according to the child's gender?

Methods

This study employs a two-factor quasi-experimental design to compare mother-child neural synchrony during individual and cooperative engagement in the Kohs block design task. The exclusion criteria were as follows:

1- A history of depression or anxiety in the mother

2- Intellectual disability, motor disability, or autism spectrum disabilities in the child

3- Premature at birth

The tools utilized in this study are: 1) demographic information and 2) Kohs block design test, proposed by Kohs in 1920 as a measure of problem-solving ability in children between 5-15. It consists of 16 cubes, with each side of each cube being 5.2 centimeters. Four sides of the cubes are painted red, white, yellow, and blue; the two remaining sides are divided into two parts from the diameter, with one being painted blue and yellow and the other painted red and white. Participants are instructed to make various shapes with these cubes. 3) A 48-channel fNIRS instrument that uses infrared light to estimate hemodynamic activity in the brain cortex due to neural activity. It is one of the most common non-invasive methods for studying children.

This study explored the synchrony between parent and child brain activity in the PFC because this area is linked with executive functions, complex decision-making, and effective communication. First, the experimenter contacted the participants, who informed them of the experiment procedure, the required time, and the fNIRS method. The participants were then invited to the lab, where the experimenter explained the Kohs block design task and experiment stages to them. After that, the mother and her child were guided into the lab and were sat on chairs facing each other. For the cooperative condition, the mother and child had 120 seconds to solve the task. After an 80-second resting time, a portable fiberglass is put between the mother and her child for the individual condition. All of these steps were done twice in a row for each mother-child dyad.

Results

Data preprocessing and analysis were executed using Pandas, Scipy, and Heartpy in Python. The process involved reading the data, eliminating artifacts—specifically heartbeats and breath signals—using a third-order bandpass

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

filter with a frequency band of [0.2, 0.1], and subsequently determining the correlation between HbO concentration measured across channels using wavelet correlation coefficients. Following this, a Generalized Linear Mixed Model (GLMM) was employed in R to assess the statistical significance of the observed patterns. The GLMM was utilized to ascertain the significance of observations, considering conditions such as activities (cooperation and individual) and the child's gender (boy and girl).

The results are outlined as follows:

Table 1. Observation for boys and girls in cooperation and individual condition

Gender	Correlation Coefficient in Cooperation Condition	Correlation Coefficient in Individual Condition	Distance of Cooperation and Individual Condition
Boy	0.2538	0.2320	0.0218
Girl	0.2709	0.2493	0.0215
Both	0.2623	0.2406	0.0217

In the first GLMM, cooperative and individual conditions were considered predictor variables, with the correlation coefficient serving as the response variable in each case. The results indicate a substantial impact of this variable, supported by the notably low p-value observed in the z-estimation.

In the second analysis, gender was introduced as a factor in predicting outcomes during both cooperative and individual conditions. The results indicate that, for boys, the low p-value observed in the z-estimation suggests a significant influence on the response variable. However, for girls, the non-significant p-value implies no apparent impact. Therefore, the findings are considered meaningful only for boys.

Conclusion

The key finding of this current research underscores that during cooperative activity, neural synchronization between mother and child was higher compared to individual activity. This discovery aligns with prior studies in the same domain. It appears that in a reciprocal relationship when both parties focus on a shared stimulus, they adapt their behavior based on predictions of the other party's actions (5). Each mother-child pair tailors their behavior to align with the other's actions, fostering cooperation and shared goal attainment (1).

The second noteworthy discovery in this study reveals that In the context of cooperative activity, neural synchronization in mother-son pairs was significantly higher than in individual activity. The third finding is that, neural synchronization in mother-daughter pairs was higher during cooperative activity than in individual play; however, this difference is not statistically significant. Although the mother-daughter pairs exhibited higher neural synchronization in the cooperation condition compared to the individual condition, this difference is not statistically significant. This aligns with prior findings. This study focuses on how gender influences neural synchronization in both individual and cooperative conditions. The findings align with Baker et al.' s discovery (15), indicating that, non-same-sex adults demonstrated higher consonance in cooperative conditions than their same-sex counterparts.

This study, marking the first exploration of neurocognition in parenting and parent-child relationships in Iran, highlights the idea that when parents and children have

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

neural harmony, it can promote cooperation and form the basis for cognitive and emotional development in Iranian society. Future research encompassing diverse groups such as children with autism or mothers with depression or anxiety, as well as varying age groups, holds promise for expanding understanding of this intricate field.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

Procedures in this study were approved by the Ethics in Research Committee at the Institute for Cognitive Science Studies (ID: IR.UT.IRICSS.REC.1401.001). Informed consent forms were provided to the mothers, who filled them on behalf of themselves and their children (who were under the age of 18). Participation in the study was voluntary, and mothers and children could decide to opt out of the study at any point during the procedures without any negative consequences. The participants' names and demographic information are kept confidential. The authors are committed to providing the participants with the experimental data upon their request.

Authors' contributions

Tahere Mahdavi Haji: Studying the existing literature, coming up with the preliminary study design, sampling, data collection, and providing the first draft of the paper. Roghayeh Farajialamooti: Analyzing the fNIRS signals and other data analyses. Alireza Moradi: Providing guidance on every step of the study, editing the paper, and being the corresponding author. Mir Mohsen Pedram: Providing technical counsel for data analysis and editing of the existing paper.

Funding

No established organization had financially supported this study.

Acknowledgments

The authors would like to thank the technicians and authorities at the National Brain Mapping Laboratory (NBML) for their earnest cooperation.

Conflict of interest

The authors declared that they have no competing interests.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

مجله تازه‌های علوم شناختی
دوره ۲۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲
صفحات ۸۰-۶۷
مقاله پژوهشی

هم‌آوایی عصبی مادر_کودک: تأثیر جنسیت و موقعیت (رقابت/مشارکت): یک مطالعهٔ هم زمان طیف‌نگاری کارکردی نزدیک فروسرخ

طاهره مهدوی حاجی[۱]، میر محسن پدرام[۲*]، هانیه عدالتی[۳]، علیرضا مرادی[۴]

۱. دانشجوی دکتری روان‌شناسی شناختی، موسسه آموزش عالی علوم شناختی، تهران، ایران
۲. گروه مهندسی برق و کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۳. دستیار پژوهشی، مرکز پژوهشی کودک و خانواده، دانشگاه مک گیل، مونترآل، کانادا
۴. استاد روان‌شناسی بالینی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی دانشگاه خوارزمی، مؤسسه آموزش عالی علوم شناختی، تهران، ایران

دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۷
اصلاح نهایی: ۱۴۰۲/۱۲/۰۹
پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۲

واژه‌های کلیدی
هم‌آوایی عصبی
ثبت هم‌زمان
والدگری
طیف نگاری کارکردی نزدیک فروسرخ

نویسنده مسئول
میر محسن پدرام، گروه مهندسی برق و کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
ایمیل: Pedram@khu.ac.ir

doi.org/10.30514/icss.25.4.67

چکیده

مقدمه: هم‌آوایی عصبی میان فردی به عنوان "الگوهای مشابه فعالیت مغزی" بین والد و کودک، در یک زمان "مشخص"، تعریف می‌شود که با هم‌آوایی رفتاری و ارتباط موفق بین آن دو مرتبط است. افزایش هم‌آوایی عصبی والد و کودک در نواحی پیش‌پیشانی جلویی جانبی می‌تواند زیربنای عصبی برای تسهیل حفظ توجه اشتراکی جهت پیش‌بینی قصد و عمل طرف مقابل در بازی‌های اشتراکی را فراهم نماید.

روش کار: این پژوهش از نوع نیمه‌آزمایشی دو عاملی (یک عامل درون‌گروهی و یک عامل بین‌گروهی) بود که بر روی هجده زوج مادر_کودک با میانگین سنی مادران ۳۹ سال و میانگین سنی کودکان ۸/۶۴ سال با در نظر گرفتن معیارهای ورود و خروج به صورت در دسترس انتخاب و در آزمایشگاه ملی نقشه‌برداری مغز ایران طی سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ انجام شد. برای سنجش میزان هم‌آوایی عصبی مادر_کودک از ثبت هم‌زمان fNIRS در هنگام حل الگوهای مکعب‌های کهس به صورت انفرادی و اشتراکی استفاده شد. برای تحلیل سیگنال‌ها از ضریب همبستگی ویولت برای دو نمودار زمانی استفاده شد. برای آزمایش تحلیل‌های آماری، از زبان برنامه‌نویسی R و بسته GlmmTB برای ساخت مدل خطی تعمیم‌یافته استفاده گردید.

یافته‌ها: فاصله ضریب همبستگی بین موقعیت بازی همکارانه و بازی انفرادی ۰/۰۲۱۷ بوده که به لحاظ آماری معنادار بود. این ضریب برای زوج مادر_پسر ۰/۰۲۱۸ بوده که به لحاظ آماری معنادار و برای زوج مادر دختر ۰/۰۲۱۵ بوده که به لحاظ آماری معنادار، گزارش نشد.

نتیجه‌گیری: هم‌آوایی عصبی والد و کودک در نواحی پیش‌پیشانی جلویی جانبی دو طرفه در موقعیت همکاری بالاتر از موقعیت انفرادی بوده و این افزایش در زوج مادر و پسر به لحاظ آماری معنادار بود؛ اما در زوج مادر و دختر به لحاظ آماری معنادار نبود. پژوهش‌های بیشتری با نمونه‌های بزرگ‌تر و اطلاعات بیشتری از ویژگی‌های شخصیتی و موقعیتی والد کودک برای تبیین بیشتر این پدیده مفید خواهد بود.

مقدمه

هم‌آوایی زیستی_رفتاری والد و کودک پدیده‌ای در حوزهٔ والدگری است که نشان می‌دهد چگونه در طول تکامل، ساختارهای کهن مربوط به زنده ماندن، با شبکه‌های پیچیده و بدیع مغز انسان یکپارچه شده است (۱). هم‌آوایی را می‌توان در سطح رفتاری (هماهنگی رفتاری در نگاه کردن، لمس کردن و بازی کردن) در سطح فیزیولوژیکی (هماهنگی در ریتم ضربان قلب والد و کودک) و در سطح عصبی (هم‌آوایی در عملکرد مغزی) مورد بررسی قرار داد (۲). هم‌آوایی پدیده‌ای است که در تعاملات دو طرفه و در موقعیت‌های "مشخص"، "زمان‌مند" و "مثبت" بین والد و کودک ایجاد می‌شود (۳). این هم‌آوایی محملی برای بازسازمان‌دهی مغز والد بوده و در عین حال بستری برای رشد شناختی، اجتماعی و هیجانی کودک در آینده فراهم می‌کند (۳، ۴). اگرچه مطالعات در حوزهٔ هم‌آوایی فیزیولوژیکی و رفتاری والد و کودک، قابل توجه بوده است؛ اما

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

تنها در سال‌های اخیر با بهبود ابزارهای سنجش، امکان ثبت هم‌زمان عملکرد مغز والد و کودک فراهم شده و در نتیجه مطالعات مربوط به هم‌آوایی عصبی شکل گرفته و افزایش یافته است.

هم‌آوایی عصبی میان‌فردی به عنوان الگوهای مشابه فعالیت مغزی بین دو طرفِ یک رابطه، در یک زمان مشخص تعریف می‌شود که با هم‌آوایی رفتاری و ارتباط موفق بین آن دو نفر مرتبط است (۲). چنین پیشنهاد شده که هم‌آوایی عصبی بین‌فردی حاصل انتقال اطلاعات کلامی و غیرکلامی در طی رابطهٔ دو طرفه و متقابل است (۵).

هم‌آوایی عصبی نشان‌دهندهٔ پویایی‌های درهم‌تنیدهٔ دو نفر در یک بافت تعاملی است. مانند فهم مشترک یا حالت‌های روان‌شناختی مشترک که در میان تعامل‌کنندگان شکل می‌گیرد. در واقع هم‌آوایی عصبی بین‌فردی، نشان‌گر این نکته است که تعامل‌کنندگان، وقتی محرک‌های اجتماعی را پردازش می‌کنند، بازنمایی‌های عصبی مشترکی از آن محرک‌ها دارند (۵، ۶).

در واقع این پدیده بر اساس آشنایی فرد با خزانهٔ رفتاری طرف مقابل، در لحظه‌های خاص و برانگیختگی مثبت رخ می‌دهد که کاملاً از تبادلات معمول روزمره جدا هستند؛ بنابراین هم‌آوایی پدیدهٔ دلبستگی و روابط اولیه را از زاویهٔ دیگری می‌بینند که از زوایای بیشتر عمومیت‌یافتهٔ حساسیت و پاسخ‌گویی، کاملاً متمایز است (۳).

اهمیت بررسی هم‌آوایی عصبی والد و کودک در این است که هم‌آوایی به وجه "پیش‌بینی‌پذیری" در مراقبت از نوزاد به عنوان یک وجه حیاتی می‌پردازد. Feldman چنین بیان می‌کند: سطوح بالایی از برانگیختگی مثبت که نوزادان همراه با والدینشان در طی موقعیت‌های روزانهٔ کوتاه بازی‌های چهره به چهره شکل می‌دهند (سطحی از برانگیختگی که فقط می‌تواند در طی چنین لحظه‌های اشتراکی‌ای به دست آید)، رسش مهارت‌های ارتباطی نوزاد را سرعت بخشیده و درون‌دادهای محیطی ضروری برای تحول خودتنظیمی و تناسب اجتماعی را فراهم می‌کند (۷). Feldman در نظریهٔ خود بر روی ویژگی‌های "سازمان‌دهندگی" و "زمان‌مند" سیستم دوتایی (بیشتر از آن که روی رفتارهای خاص تمرکز کند) تمرکز می‌کند. چرا که معتقد است هم‌آوایی تجربه‌های محدود در زمان، زنده و هم تنظیم‌کننده‌ای را در درون روابط دلبستگی توصیف می‌کند که بنیانی برای ظرفیت آیندهٔ نوزادان در صمیمیت، استفاده از نمادها، همدلی و توانایی خواندن نیت دیگران، فراهم می‌کند (۷).

نواحی مغزی شبکه پیشانی_گیجگاهی، در پردازش‌های شناختی_اجتماعی نقش حیاتی دارند (۸، ۹) و بالقوه می‌تواند مستعد هم‌آوایی در هنگام تعامل اجتماعی بین دو نفر باشد (۱۰). هم‌آوایی مغز به مغز در نواحی قشر پیش‌پیشانی مانند پیش‌پیشانی بالایی و پیش‌پیشانی جلویی جانبی با برون‌دادهای بین‌فردی مثبت مانند: ارتباط مؤثر (۵)، همکاری موفق (۶) و مشابهت ادراک شده (۱۱) در بین دو نفر، مرتبط است. بخش‌های پیش‌پیشانی با کارکردهای اجرایی، تصمیم‌گیری‌های پیچیده و ارتباط مؤثر، مرتبط است (۱۲). این بخش‌های مغز والد و کودک باید با یکدیگر هم‌آوا شوند تا والد و کودک در زمانی که به صورت مشترک، روی یک مسئله مشترک کار می‌کنند بتوانند به طور مداوم با ذهنی‌سازی، قصد یکدیگر را پیش‌بینی کرده و در طول زمان، روی یک موضوع مشترک توجه خود را نگه دارند (۱۲). هم‌آوایی در پیش‌پیشانی جلویی جانبی بین مادر و کودک در بازی‌های اشتراکی را می‌توان به عنوان زیربنایی برای تسهیل ادراک دیگری و درگیری زنده در رفتار تقابلی و فهمیدن دیگری به منظور واکنش نشان دادن به رفتارهای او برای حل مسئلهٔ مشترک، در نظر گرفت (۱۳).

از سوی دیگر پژوهش‌ها نشان می‌دهند که ارتباط و تعاملات بین مادران و پسران با ارتباط بین مادران و دختران متفاوت است (۱۴). برای مثال والدین، به طور سنتی فعالیت‌های متناسب با جنسیت را در فرزندان خود تشویق می‌کنند. آنها دختران را به انجام فعالیت‌های دقیق و پسران را به سمت فعالیت‌هایی با خطرپذیری بالاتر سوق می‌دهند (۱۴). مطالعات مربوط به بزرگسالان در حوزه هم‌آوایی عصبی به نتایج یکسانی نرسیده است. پژوهشگران بر این باور هستند که مردان و زنان از راهبردهای متفاوتی برای رفتار همکارانه استفاده می‌کنند (۱۵). یک مطالعه نشان داده است که در هنگام همکاری، هم‌آوایی عصبی زوج زن و مرد بالاتر از زوج هم‌جنس می‌باشد (۱۱). اما مطالعه دیگری برخلاف آن نشان داد که زوج های زن_مرد در حین همکاری، هم‌آوایی عصبی بالاتری را نشان ندادند اما زوج زن_زن و مرد_مرد، هم‌آوایی عصبی بالاتری را در بخش‌های متفاوتی از مغزشان (زوج مردان پیش‌پیشانی راست، زوج زنان، بخش گیجگاهی راست) نشان دادند (۱۵). بنابراین می‌توان گفت در این حوزه اطلاعات محدود و نامتجانسی موجود است.

اما در مبحث هم‌آوایی عصبی والد و کودک، مطالعات بسیار محدودتر است. Miller نشان داده است که زوج مادر و پسر نسبت به زوج مادر و دختر، هماهنگی بیشتری در تعاملات رفتاری و نیز فعالیت‌های خودمختار، نشان می‌دهند (۱۴). Miller و همکاران نشان دادند که افزایش عمومی هم‌آوایی عصبی تنها در زوج مادر و پسر معنادار بود و تحلیل دقیق‌تر نشان داده بود که هم‌آوایی عصبی در زمان بازی مشارکتی، در بخش قشر پیش‌پیشانی در زوج مادر و پسر بیشتر از زوج مادر و دختر افزایش یافته بود (۱۴).

همان‌طور که در بالا ذکر شد در جهان امکان مطالعهٔ هم‌زمان هم‌آوایی والد و کودک در سطح عصبی، تنها در سال‌های اخیر و با پیشرفت

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

ابزارهای سنجش، فراهم شده است. Feldman قویاً پیشنهاد کرده است که سنجش هم‌آوایی عصبی والد و کودک در جوامع مختلف می‌تواند به گسترش دانش ما در این حوزه کمک کند (۱). تا زمان نگارش این مقاله چنین مطالعه‌ای در حوزه والدگری در ایران انجام نشده است. از این رو اجرای این طرح می‌تواند به عنوان فتح بابی در حوزه پایه‌های عصب‌شناختی رابطه والد و کودک در نظر گرفته شود.

به علاوه در پژوهش‌های پیشین عموماً از یک تکلیف رایانه‌ای استفاده می‌شد که شرایط بسیار تصنعی برای بازی مادر و کودک فراهم کرده بود. در پژوهش‌های پیشین والد و کودک برای انجام تکلیف رایانه‌ای نیازی به برقراری ارتباط و بسط یا توسعهٔ دیدگاه خود نداشتند. این مطالعات اگرچه یافته‌های مهمی در مورد اثرات هم‌آوایی والد و کودک فراهم کردند؛ اما بازنمایندهٔ خوبی از تعاملات همکارانه و پیچیدهٔ والد و کودک در زندگی روزمره نبودند. اما در پژوهش حاضر سعی شده تا با قرار گرفتن مادر و کودک به صورت چهره‌به‌چهره و انجام یک بازی مشترک (حل الگوی مکعب‌های کهس) و امکان صحبت‌کردن با یکدیگر، موقعیت آزمایش طبیعی‌تر و شباهت بیشتری با تعاملات روزمره مادر و کودک پیدا کند.

در این پژوهش به بررسی موارد زیر پرداخته شد: ۱) آیا هم‌آوایی عصبی والد و کودک در موقعیت بازی همکارانه بالاتر از بازی انفرادی است؟ ۲) آیا میزان هم‌آوایی عصبی والد و کودک با جنسیت کودک مرتبط است؟

روش کار

این پژوهش از نوع مطالعات نیمه‌آزمایشی دو عاملی (یک عامل درون‌گروهی و یک عامل بین‌گروهی) است که به مقایسهٔ هم‌آوایی عصبی مادر و کودک در دو موقعیت انفرادی و اشتراکی در بین پسران و دختران در حین انجام تکلیف الگوهای مکعب‌های کهس می‌پردازد. این مطالعه در آزمایشگاه ملی نقشه‌برداری مغز ایران و طی سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۲ انجام شد. جامعهٔ آماری شامل مادران و کودکان ۷ تا ۱۱ سال شهر تهران بود. روش نمونه‌گیری به صورت در دسترس بود. نمونه از بین مادران و کودکانی که در شبکهٔ اجتماعی پژوهشگر قرار داشتند، انتخاب شد. تعداد افراد نمونه با توجه به مقاله راهنمای ثبت هم‌زمان طیف‌نگاری کارکردی نزدیک فروسرخ (Functional near-infrared spectroscopy (fNIRS)) برای مطالعات والد و کودک (۱۶)، بیست نفر انتخاب شد.

معیارهای خروج از این طرح شامل موارد زیر بود: ۱) ابتلا به افسردگی یا اضطراب مادر (از طریق پرسش از مادر در سابقه بیماری)، ۲) ابتلای کودک به عقب‌ماندگی ذهنی، اختلال حرکتی یا اختلالات طیف اتیسم و ۳) نارس بودن کودک در هنگام تولد. از میان نمونه یک مادر و پسر به علت اضطراب کودک در حین ثبت سیگنال، از مطالعه خارج شدند و مورد دوم هم به علت حرکات بیش از حد کودک و اشکال در ثبت داده‌ها از چرخهٔ مطالعه خارج شدند.

این طرح با شناسهٔ IR.UT.IRICSS.REC.1401.001 در کار گروه کمیته اخلاق در پژوهش مؤسسه آموزش عالی علوم شناختی مورد تصویب قرار گرفت و کد اخلاق را کسب کرد.

ابزار

پرسشنامه اطلاعات جمعیت‌شناختی مادر و کودک: این پرسشنامه دارای ۲۵ پرسش بوده که علاوه بر اطلاعات جمعیت‌شناختی مادر و کودک به وضعیت سلامت روان کودک و مادر (اضطراب و افسردگی مادر و ابتلای کودک به اختلالات حرکتی، اتیسم و عقب‌ماندگی ذهنی) می‌پردازد. به علاوه بخشی از ارتباط والد و کودک مانند تغذیه با شیر مادر، خوابیدن در کنار مادر و عدم حضور مادر در دو سال اول تولد کودک نیز مورد پرسش قرار گرفته است.

آزمون الگوی مکعب‌های کهس: این آزمون که توسط کهس پیشنهاد شده است، به منظور اندازه‌گیری توانایی فضایی و هوش عملی کودکان پنج تا پانزده ساله استفاده می‌شود. برای سنجش توانایی حل مسئله کودکان نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. این آزمون دارای ۱۶ مکعب است که طول هر ضلع آن ۵/۲ سانتی‌متر است. چهار سطح جانبی آن به رنگ‌های قرمز، سفید، زرد، آبی است و دو سطح دیگر که هر کدام از قطر به دو قسمت، یکی به رنگ‌های آبی و زرد و دیگری به رنگ‌های قرمز و سفید، تقسیم شده است. در پژوهش حاضر از الگوی مکعب‌های به عنوان تکلیف حل مسئله در زمان ثبت سیگنال‌های مغزی استفاده شده است.

دستگاه طیف‌نگاری کارکردی نزدیک فروسرخ: در این مطالعه برای سنجش میزان هم‌آوایی مغز مادر و کودک، از دستگاه fNIRS در محل آزمایشگاه ملی نقشه‌برداری مغز، استفاده شد. ویژگی‌های دستگاه به شرح زیر است:

این دستگاه fNIRS ۴۸ کاناله و سازگار با MRI، به نام OxyMon fNIRS ساخت کشور هلند (شرکت Artimis) است. مشخصه‌های اصلی این دستگاه عبارت‌اند از:

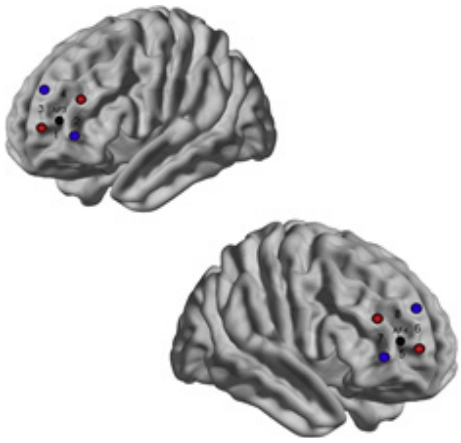
- قابلیت اندازه‌گیری تغییرات در غلظت اکسی و دی‌اکسی هموگلوبین و کل غلظت هموگلوبین
- گردآوری داده‌ها با سرعت بسیار بالا با فرکانس استاندارد ۵۰ هرتز
- دارابودن دو طول‌موج استاندارد (۷۴۰nm و ۸۶۰nm)

از دستگاه fNIRS برای سنجش فعالیت مغز به کمک نور فروسرخ نزدیک

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

برای تخمین فعالیت همودینامیکی قشر مغز که در پاسخ به فعالیت عصبی رخ می‌دهد، اندازه‌گیری می‌شود. fNIRS، یکی از رایج‌ترین روش‌های تصویربرداری عصبی غیرتهاجمی است که می‌توان از آن در مطالعات مربوط به کودک استفاده کرد. این سیگنال اغلب با سیگنال BOLD که توسط fMRI اندازه‌گیری می‌شود مقایسه می‌شود و قادر به اندازه‌گیری تغییرات غلظت اکسی هموگلوبین و دی‌اکسی هموگلوبین است، اما فقط می‌تواند از مناطق نزدیک به قشر مغز اندازه‌گیری کند.

در این پژوهش هم‌آوایی عصبی مغز مادر و کودک در ناحیهٔ پیش‌پیشانی مورد ارزیابی قرار گرفته است چرا که بخش پیش‌پیشانی با کارکردهای اجرایی، تصمیم‌گیری‌های پیچیده و ارتباط مؤثر مرتبط است (۱۳). از fNIRS دوتایی و هشت کاناله استفاده شده است که به صورت خودکار، ثبت سیگنال‌های ناحیه پیش‌پیشانی جلویی جانبی را انجام می‌دهد (کانال‌های یک تا چهار برای نیمکره چپ و کانال‌های پنج تا هشت برای نیمکره راست) ثبت سیگنال‌ها به کمک ۸ کانال برای میزان غلظت HbO و ۸ کانال برای میزان غلظت HbR انجام شد. چون از دو دستگاه جهت ثبت هم‌زمان سیگنال‌های مغزی مادر و فرزند استفاده شده، در مجموع فایل شامل ۳۲ ستون است (۱۶). مطابق با ادبیات پژوهش، نحوه قرار دادن اپتودها روی سر به شکلی که در تصویر ۱ مشاهده می‌شود، می‌باشد. در این تصویر، دایره‌های قرمز اپتودهای منبع و دایرهای آبی اپتودهای آشکارساز را نشان می‌دهند. دایره‌های سیاه نشان‌گر سیستم ۲۰-۱۰ EEG هستند. بخش بالای تصویر نیم‌کره چپ و بخش پایین نیمکره راست را نشان می‌دهد.



تصویر ۱. محل قرارگیری اپتودها

روش اجرا

پژوهشگر با افراد داوطلب تماس گرفته و توضیح مختصری در رابطه با مراحل انجام پژوهش، میزان زمان مورد نیاز، نحوه عملکرد دستگاه fNIRS و بی‌خطر بودن آن برای کودکان، به مادر ارائه داد. افرادی که برای شرکت در طرح رضایت داشتند در تاریخ مشخص به آزمایشگاه دعوت شدند. پژوهشگر درباره مکعب‌ها، مراحل اجرای آزمایش و انجام آن برای مادر و کودک توضیحاتی ارائه نمود (نمونه کاملی از نحوهٔ توضیحات در پیوست قابل مطالعه است). در گام بعدی مادر و کودک به اتاق پزشک راهنمایی شده و پس از تأیید پزشک به اتاق تصویربرداری fNIRS هدایت شدند. شرایط اجرای آزمایش به شرح زیر بود:

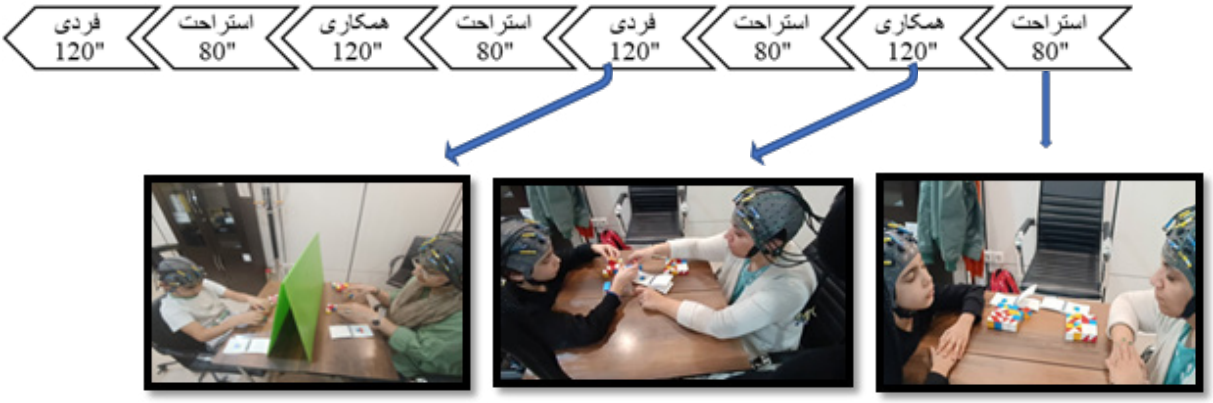
مادر و کودک روی صندلی‌هایی روبه‌روی یکدیگر و پشت یک میز چوبی تاشو به ابعاد ۷۰ سانتی‌متر در ۶۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر نشانده شدند (تصویر ۲). در ابتدا کلاه مادر روی سرش قرار داده شد تا کودک در جریان تماشای این فرایند احساس اطمینان بیشتری کسب نماید و سپس کلاه کودک روی سرش قرار داده شد.

پژوهشگر از مادر و کودک خواست که چشم‌های خود را بسته و دست‌های خود را روی میز بگذارند. پس از ۸۰ ثانیه پژوهشگر از آنها خواست که پس از شنیدن کلمه «شروع» به چیدن مکعب‌ها با همکاری یکدیگر بپردازند. مدت زمان مرحله همکاری مادر و کودک در حل مکعب‌ها ۱۲۰ ثانیه بود. سپس پژوهشگر با گفتن واژه «توقف» تمام شدن مرحله را اعلام نمود. سپس ۸۰ ثانیه استراحت داشتند که طی این ۸۰ ثانیه پژوهشگر یک مانع قابل جابه‌جایی از جنس فایبرگلاس به ابعاد ۵۰ در ۵۰ را روی میز بین مادر و کودک گذاشت. بعد از گذشتن ۸۰ ثانیه، با شنیدن واژه شروع، مادر و کودک چشم‌هایشان را باز کردند و چیدن مکعب‌ها را این بار به صورت انفرادی انجام دادند.

مراحل فوق به طور کلی برای هر زوج مادر_کودک دو بار و پشت سر هم اجرا شد.

به طور خلاصه تکلیف این طرح را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License



تصویر ۲. تکلیف و نحوه نشستن آزمودنی‌ها در هنگام ثبت

تحلیل داده‌ها (سیگنال‌ها)

همسو با پژوهش‌های انجام شده در این حوزه، در این مطالعه نیز برای پیش‌پردازش و تحلیل داده‌ها، از جعبه ابزارهای پایتون، به نام‌های scipy و heartpy استفاده شد. داده‌ها ابتدا به کمک پایتون خوانده شد. برای پیش‌پردازش داده‌ها و حذف ضربان قلب و تنفس، از فیلتر میان‌گذر مرتبه سوم شامل سیگنال‌های ۰/۰۲ تا ۰/۱ استفاده شد. پس از به دست آوردن مقادیر HbO و HbR در تمام کانال‌ها برای دستگاه اول و دوم، از ضریب همبستگی ویولت برای دو نمودار زمانی به دست آمده است. دلیل استفاده از ضریب همبستگی ویولت این است که این ضریب می‌تواند همبستگی متقابل (به عنوان تابعی از فراوانی و زمان) رفتار بین دو سیگنال HbO و HbR متعلق به زوج مادر و کودک را در فاز مشخص و در منطقه مشخص اندازه‌گیری نماید. برای آزمایش تحلیل‌های آماری، از زبان برنامه‌نویسی R و بسته GlmmTB برای ساخت مدل خطی تعمیم‌یافته استفاده شده است.

برای تحلیل داده‌های گردآوری شده، ابتدا داده‌های مرتبط با هر کانال در یک فریم داده، جداسازی شد. پس از اعمال فیلتر میان‌گذر برای هر کانال، کانال‌های نامناسب شناسایی و حذف گردید. سپس میانگین غلظت برای هر دستگاه محاسبه شد. پس از آن ضریب همبستگی پیرسون و ویولت برای سنجش هم‌آوایی محاسبه گردید.

یافته‌ها

اطلاعات توصیفی

در این پژوهش داده‌های مربوط به ۱۸ زوج مادر_کودک مورد ثبت و بررسی قرار گرفت. کودکان شرکت‌کننده در این پژوهش در بازه سنی هفت تا یازده ساله (با میانگین سنی ۸/۶۴ و انحراف معیار ۱/۲۷۰) قرار داشتند. مادران شرکت‌کننده در این مطالعه در بازه سنی ۳۶ تا ۴۵ سال (با میانگین سنی ۳۹/۹۴ و انحراف معیار ۲/۸۳) بودند. در جدول ۱ و ۲ سایر اطلاعات توصیفی مادران و کودکان به طور کامل مشخص شده است.

جدول ۱. فراوانی و درصد متغیرهای جمعیت‌شناختی مادران

متغیر		تعداد	درصد
وضعیت تأهل	با همسرم زندگی می‌کنم	۱۴	۷۷/۸
	جدا شده‌ام	۴	۲۲/۲
میزان تحصیلات	دکتری	۱	۵/۶
	کارشناسی ارشد	۷	۳۸/۹
	کارشناسی	۹	۵۰
	کاردانی	۱	۵/۶

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

متغیر		تعداد	درصد
سطح درآمد	زیر ۵ میلیون تومان	۵	۲۷/۸
	۵ تا ۱۰ میلیون تومان	۶	۳۳/۳
	۱۱ تا ۲۰ میلیون تومان	۳	۱۶/۷
	۲۱ تا ۳۰ میلیون تومان	۳	۱۶/۷
	۳۰ میلیون تومان به بالا	۱	۵/۶

جدول ۲. فراوانی و درصد متغیرهای جمعیت‌شناختی کودکان

متغیر		تعداد	درصد
جنسیت	پسر	۹	۵۰
	دختر	۹	۵۰
ترتیب تولد	فرزند اول/تنها فرزند	۱۵	۸۳/۳
	فرزند دوم	۲	۱۱/۱
	فرزند سوم	۱	۵/۶
تغذیه با شیر مادر	بله	۱۶	۸۸/۹
	خیر	۲	۱۱/۱
سن تغذیه با شیر مادر (ماه)	داده‌ای در دسترس نیست	۲	۱۱/۱
	شش ماهگی تا یک سالگی	۳	۱۶/۷
	یک تا یک و نیم سالگی	۰	۰
	یک و نیم تا دو سالگی	۱۳	۷۲/۲
خوابیدن در کنار مادر	بله	۳	۱۶/۷
	خیر	۱۵	۸۳/۳
تجربه عدم حضور مادر	بله	۴	۲۲/۲
	خیر	۱۴	۷۷/۸

تحلیل‌ها شامل مقایسهٔ ضریب همبستگی در فعالیت همکاری و انفرادی، و همچنین مقایسه این ضرایب در جنسیت کودک است. جدول ۳ مقادیر ضریب همبستگی را با چهار رقم اعشار برای بازی‌های همکارانه و انفرادی نشان می‌دهند.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

جدول ۳. میانگین در هنگام بازی همکارانه، بازی انفرادی و با توجه به جنسیت کودک مشخص شده است.

نمونه	ضریب همبستگی در بازی همکارانه	ضریب همبستگی در بازی انفرادی	فاصلهٔ ضریب همبستگی در بازی همکارانه و انفرادی
پسر	۰/۲۵۳۸	۰/۲۳۲۰	۰/۰۲۱۸
دختر	۰/۲۷۰۹	۰/۲۴۹۳	۰/۰۲۱۵
هر دو	۰/۲۶۲۳	۰/۲۴۰۶	۰/۰۲۱۷

برای آزمون آماری نتایج به دست آمده، از دو مدل خطی تعمیم‌یافته استفاده شده است.

مدل اول:

شرایط فعالیت (همکارانه یا انفرادی) ~ ضریب همبستگی

در این مدل، ضریب همبستگی به علت پیوستگی مقدار و همچنین کران‌دار بودن، توزیع بتا در نظر گرفته می‌شود. نتایج مدل به شرح زیر است: جدول ۴ نتایج مربوط به ضریب همبستگی را نشان می‌دهد.

جدول ۴. ضریب همبستگی همراه با انحراف معیار، ارزش تخمینی Z

شرایط فعالیت	مقدار	انحراف معیار	ارزش تخمینی Z	مقدار P
بازی همکارانه	-۱/۰۳۲۴۲	۰/۰۳۶۵۳	-۲۸/۲۵۹	۲e-۱۶
بازی انفرادی	-۰/۱۱۸۵۶	۰/۰۵۲۴۰	-۲/۲۶۳	۰/۰۲۳۷

پارامترهای در نظر گرفته شده، بازی همکارانه و انفرادی به عنوان متغیر پیش‌بینی و ضریب همبستگی در هر یک از این حالت، متغیر پاسخ هستند. با توجه به مقادیر به دست آمده برای متغیر پاسخ در هنگام صفر بودن متغیر پیش‌بینی و احتمال پایین مشاهدهٔ متغیر z برای هر دو حالت، می‌توان نتیجه گرفت که این متغیر تأثیر قابل‌توجهی دارد. در نتیجه، اعمال دو متغیر شرایط بازی همکارانه و انفرادی روی متغیر پاسخ اثر معناداری می‌گذارد. نمودار ۱ زیر نشان‌دهنده هم‌آوایی عصبی مادر و کودک در این دو موقعیت است.

نمودار ۱. مقایسه هم‌آوایی عصبی مادر کودک در موقعیت همکاری و انفرادی

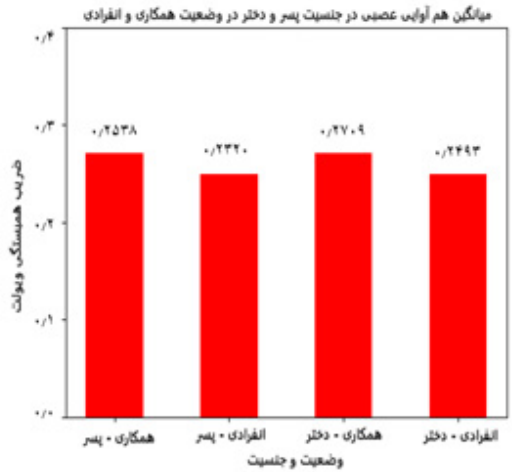
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

مدل دوم: با در نظر گرفتن عامل جنسیت در هنگام بازی همکارانه و انفرادی انجام پذیرفت. جدول ۵ نتایج را نشان می‌دهد.

جدول ۵. جنسیت ~ فاصله ضریب همبستگی هنگام بازی همکارانه و انفرادی

جنسیت	مقدار	انحراف معیار	ارزش تخمینی Z	مقدار P
پسر	-۳/۳۷۱۵	۰/۲۲۹۹	-۱۴٫۶۶۷	۲e-۱۶
دختر	۰/۱۷۰۸	۰/۲۹۶۷	۰/۵۷۶	۰/۵۶۵

پارامترهای در نظر گرفته شده، جنسیت به عنوان متغیر پیش‌بینی و ضریب همبستگی هنگام بازی همکارانه و انفرادی به عنوان متغیر پاسخ هستند. در هنگام صفر بودن متغیر پیش‌بینی، مقادیر به دست آمده برای جنسیت پسر و مقدار P پایین، نشان‌دهندهٔ تأثیر این متغیر بر روی متغیر پاسخ است. اما برای جنسیت دختر، با توجه به پایین نبودن مقدار P، نمی‌توان گفت که معنادار است. در نتیجه، تنها برای جنسیت پسر، یافته‌ها معنادار هستند. نمودار زیر هم‌آوایی عصبی مادر کودک در دو موقعیت همکاری و انفرادی را با در نظر گرفتن متغیر جنسیت نشان می‌دهد.



نمودار ۲. مقایسه هم‌آوایی عصبی مادر با دختران و پسران در دو موقعیت همکاری و انفرادی

بحث

مهم‌ترین یافتهٔ پژوهش حاضر این است که هم‌آوایی عصبی مادر و کودک در موقعیت همکاری به بالاترین میزان می‌رسد. این یافته با پژوهش‌های پیشین در این زمینه همسو است، به عنوان مثال برخی مطالعات نشان داده بودند که بزرگسالان در حین همکاری هم‌آوایی عصبی بالاتری را نشان می‌دهند (۶، ۱۰). از سوی دیگر Reindl و همکاران (۱۲) و Miller و همکاران (۱۴) نشان داده بودند که مادر و کودک در حین بازی رایانه‌ای همکارانه هم‌آوایی عصبی بالاتری را نسبت به موقعیت رقابتی نشان داده‌اند. همچنین Nguyen و همکاران نشان داده‌اند که مادر و کودک در حین بازی همکارانه هم‌آوایی عصبی بالاتری را نسبت به موقعیت انفرادی نشان داده‌اند (۱۳). گویی دو طرف یک رابطهٔ متقابل، زمانی که روی یک محرک مشترک توجه می‌کنند، با توجه به پیش‌بینی‌ای که از رفتار طرف مقابل دارند، رفتار خود را تنظیم می‌کنند (۵). هر زوج مادر و کودک با توجه به خزانهٔ رفتاری که از طرف مقابل رفتار خود را طوری شکل می‌دهد تا با همکاری با یکدیگر به یک هدف مشترک برسند (۱).

یافته دوم این پژوهش این بود که اگرچه زوج مادر و دختر در موقعیت همکاری هم‌آوایی عصبی بالاتری را نسبت به موقعیت همکاری نشان دادند، اما این تفاوت به لحاظ آماری معنادار نبود. این یافته کاملاً با یافته Miller و همکاران (۲۰۱۹) (۱۴) همسو است. اما Miller و همکاران تفاوت موقعیت همکاری را با موقعیت رقابتی مورد بررسی قرار داده بودند و بنابراین تبیینی که برای این یافته داشتند این بود که ممکن است پسران بیشتر رقابتی عمل کنند و دختران تمایل بیشتری به همکاری دارند (۱۴). اما در پژوهش حاضر، موضوع تاثیر جنسیت در

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

ایجاد تفاوت هم‌آوایی در موقعیت انفرادی و همکاری است. این یافته را می‌توان با یافته‌های Cheng و همکاران همسو دید که نشان داده بود بزرگسالان غیر همجنس در موقعیت همکاری هم‌آوایی بالاتری را نسبت به بزرگسالان هم‌جنس از خود نشان می‌دهند (۱۱). اما Baker و همکاران نشان داده بودند که بزرگسالان هم‌جنس در حین همکاری هم‌آوایی بالاتری نسبت به بزرگسالان غیر هم‌جنس از خود نشان می‌دهند. اما نواحی مغزی‌ای که با هم هم‌آوا می‌شوند در زوج زنان و زوج مردان متفاوت است. در زوج مرد_مرد این هم‌آوایی در پیش‌پیشانی راست و در زوج زن_زن در ناحیه گیجگاهی راست افزایش می‌یابد (۱۵). یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های پژوهش حاضر این است که به علت محدودیت‌های دستگاه fNIRS موجود در آزمایشگاه ملی مغز، همچنین ویژگی‌های جسمی آزمودنی‌های ایرانی (موی زیاد و عموما سیاه سر) امکان داده‌گیری دقیق از نواحی دیگر سر به جز نواحی پیش‌پیشانی وجود نداشت. از این رو امکان مقایسه هم‌آوایی عصبی نواحی مختلف مغزی در این پژوهش میسر نبود.

در نهایت باید گفت شاید پژوهش‌های بیشتری در آینده با نمونه‌های بزرگ‌تر به بررسی ویژگی‌های صفتی (سبک دلبستگی مادران، استرس والدینی و ویژگی‌های خلق‌وخوی کودکان) و موقعیتی (مانند استرس والدینی یا عاملیت کودکان) بیشتری از والد کودک که در هم‌آوایی عصبی نقش دارند، تبیین روشن‌تری از این هم‌آوایی عصبی نشان دهند.

نتیجه‌گیری

این پژوهش برای اولین بار در ایران به بررسی عصب‌شناختی در حوزهٔ والدگری و ارتباط بین والد و کودک پرداخته است و نشان داده است که در جامعهٔ ایرانی هم‌آوایی عصبی والد و کودک می‌تواند همکاری بین آنها را تسهیل کرده و پایه‌ای برای رشد شناختی و هیجانی کودک در آینده فراهم کند. نتایج یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که هم‌آوایی عصبی زوج مادر و کودک در هنگام بازی همکارانه، بیشتر از بازی انفرادی است. این هم‌آوایی عصبی در زوج مادر و پسر در هنگام بازی همکارانه به طرز معناداری بالاتر از بازی انفرادی است. اگر چه این هم‌آوایی در زوج مادر و دختر در بازی همکارانه بالاتر از بازی انفرادی است؛ اما این تفاوت به لحاظ آماری معنادار نیست.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق در پژوهش

این طرح با شناسهٔ IR.UT.IRICSS.REC.1401.001 در کارگروه/ کمیته اخلاق در پژوهش مؤسسه آموزش عالی علوم شناختی، مورد تصویب قرار گرفت. رضایت‌نامه آگاهانه از مادران شرکت‌کننده در مطالعه (از آن‌جایی که کودکان شرکت‌کننده در مطالعه، زیر ۱۸ سال سن داشتند، فرم رضایت‌نامه آگاهانه برای آنها توسط مادر تکمیل و امضا شد) دریافت شد. داشتن امکان انصراف از پژوهش برای مادران و کودکان شرکت‌کننده در هر مرحله از پژوهش بدون هیچ پیامد منفی برای ایشان محفوظ بود. حفظ اطلاعات شرکت‌کنندگان و عدم ارائه داده‌های پژوهش همراه با نام و مشخصات فردی انجام شد. در صورت درخواست افراد شرکت‌کننده پژوهشگر نتایج فردی خودشان در اختیار آنان قرار می‌گرفت.

مشارکت نویسندگان

طاهره مهدوی حاجی: مطالعه منابع، ارائه طرح اولیهٔ پژوهش، جمع‌آوری نمونه، جمع‌آوری داده‌ها و نگارش اولیهٔ مقاله را بر عهده داشته است. رقیه فرجی الموتی: تحلیل سیگنال‌ها، داده‌ها و اطلاعات را بر عهده داشته است. میر محسن پدرام: مشاوره تخصصی در تحلیل داده‌های پژوهش و ویرایش مقاله را بر عهده داشتند. علیرضا مرادی: راهنمای تمامی مراحل اجرای مطالعه، ویرایش مقاله و نویسنده مسئول بودند.

منابع مالی

برای اجرای این طرح از هیچ موسسه‌ای حمایت مالی دریافت نشده است.

تشکر و قدردانی

در پایان از مسئولین و کارشناسان آزمایشگاه ملی نقشه‌برداری مغز ایران برای همکاری صمیمانه در اجرای طرح کمال تشکر را داریم.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله هیچ تعارض منافعی را گزارش نکرده‌اند.

References

1. Feldman R. The adaptive human parental brain: Implications for children's social development. *Trends in Neurosciences*.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

2015;38(6):387-399.

2. Liu Y, Li J, Wang Q, Li Y. The specificity, situational modulations, and behavioral correlates of parent-child neural synchrony. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2022;16:1000826.

3. Feldman R. Bio-behavioral synchrony: A model for integrating biological and microsocial behavioral processes in the study of parenting. *Parenting*. 2012;12(2-3):154-164.

4. Atzil S, Gendron M. Bio-behavioral synchrony promotes the development of conceptualized emotions. *Current Opinion in Psychology*. 2017;17:162-169.

5. Hasson U, Ghazanfar AA, Galantucci B, Garrod S, Keysers C. Brain-to-brain coupling: A mechanism for creating and sharing a social world. *Trends in Cognitive Sciences*. 2012;16(2):114-121.

6. Cui X, Bryant DM, Reiss AL. NIRS-based hyperscanning reveals increased interpersonal coherence in superior frontal cortex during cooperation. *Neuroimage*. 2012;59(3):2430-2437.

7. Feldman R. Infant–mother and infant–father synchrony: The coregulation of positive arousal. *Infant Mental Health Journal*. 2003;24(1):1-23.

8. Frith CD, Frith U. Social cognition in humans. *Current Biology*. 2007;17(16):R724-R732.

9. Hastings PD, Miller JG, Kahle S, Zahn-Waxler C. The neurobiological bases of empathic concern for others. In: Killen M, Smetana JG. Handbook of moral development. 2nd ed. New York:Psychology Press;2013. pp. 411-434.

10. Liu T, Saito G, Lin C, Saito H. Inter-brain network underlying turn-based cooperation and competition: A hyperscanning study using near-infrared spectroscopy. *Scientific Reports*. 2017;7(1):8684.

11. Cheng X, Li X, Hu Y. Synchronous brain activity during cooperative exchange depends on gender of partner: A fNIRS-based hyperscanning study. *Human Brain Mapping*. 2015;36(6):2039-2048.

12. Reindl V, Gerloff C, Scharke W, Konrad K. Brain-to-brain synchrony in parent-child dyads and the relationship with emotion regulation revealed by fNIRS-based hyperscanning. *NeuroImage*. 2018;178:493-502.

13. Nguyen T, Schleihauf H, Kayhan E, Matthes D, Vrticka P, Hoehl S. The effects of interaction quality on neural synchrony during mother-child problem solving. *Cortex*. 2020;124:235-349.

14. Miller JG, Vrticka P, Cui X, Shrestha S, Hosseini SH, Baker JM, et al. Inter-brain synchrony in mother-child dyads during cooperation: An fNIRS hyperscanning study. *Neuropsychologia*. 2019;124:117-124.

15. Baker JM, Liu N, Cui X, Vrticka P, Saggar M, Hosseini SH, et al. Sex differences in neural and behavioral signatures of cooperation revealed by fNIRS hyperscanning. *Scientific Reports*. 2016;6(1):26492.

16. Nguyen T, Hoehl S, Vrticka P. A guide to parent-child fNIRS hyperscanning data processing and analysis. *Sensors*. 2021;21(12):4075.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License